Organisme(s) : EDF-R&D/AMA, DeltaCAD

Manuel d'Utilisation
Fascicule U3.11 : Eléments de structure mécaniques 1D
Document : U3.11.01

Modélisations POU_D_T, POU_D_E, POU_C_T, BARRE

Résumé :

Les quatre modélisations POU_D_T, POU_D_E, POU_C_T et BARRE correspondent aux formulations classiques d'éléments de poutres et de barres, inspirées de la Résistance des Matériaux.

Elles sont utilisables pour des problèmes tridimensionnels en analyse mécanique linéaire ou non linéaire isotrope.

1 Discrétisation

1.1 Degrés de libertés

Pour les trois modélisations de poutre en tridimensionnel les degrés de liberté de discrétisation sont, en chaque nœud de la maille support, les six composantes de déplacement (trois translations et trois rotations). Ces nœuds sont supposés décrire un segment de la fibre moyenne de la poutre.

Elément fini	Degrés de liberté (à chaque nœud sommet)					
POU_D_T	DX	DY	DZ	DRX	DRY	DRZ
POU_D_E	DX	DY	DZ	DRX	DRY	DRZ
POU_C_T	DX	DY	DZ	DRX	DRY	DRZ

Pour la modélisation de barre en tridimensionnel les degrés de liberté de discrétisation sont, en chaque nœud de la maille support, les trois composantes de déplacement en translation.

BARRE	DX	DY	DZ

1.2 Maille support des matrices de rigidité

Les mailles support des éléments finis, en formulation déplacement, sont des segments à deux nœuds SEG2 :

Modélisation	Maille	Elément fini	Remarques
POU_D_T	SEG2	MECA_POU_D_T	
POU_D_E	SEG2	MECA_POU_D_E	
POU_C_T	SEG2	MECA_POU_C_T	
BARRE	SEG2	MECA_BARRE	

1.3 Maille support des chargements

Tous les chargements applicables aux éléments de poutre et de barre sont traités par discrétisation directe sur la maille support de l'élément en formulation déplacement.

Aucune maille support de chargement n'est donc nécessaire pour le bord des éléments de poutre ou de barre.

1.4 Principales caractéristiques des modélisations

La modélisation POU_D_E (Poutre Droite d'Euler) correspond à l'hypothèse d'Euler-Bernouilli, c'est-à-dire que les sections restent droites et perpendiculaires à la fibre moyenne (hypothèse de grand élancement).

La modélisation POU_D_T (Poutre Droite de Timoshenko) prend en compte les effets de cisaillement transverse.

La modélisation POU_C_T est analogue à POU_D_T avec une courbure (Poutre Courbe de Timoshenko).

La modélisation BARRE ne traite que les efforts et déformations axiales.

La poutre avec gauchissement est traitée en [U3.11.04].

2 Affectation des caractéristiques

Pour ces éléments de structures 1D, il est nécessaire d'affecter des caractéristiques géométriques qui sont complémentaires aux données de maillage. La définition de ces données est effectuée avec la commande `AFFE_CARA_ELEM` associé aux mots clés facteurs suivants :

- **`POUTRE`**

  Permet de définir et d'affecter les caractéristiques de la section transversale et l'orientation des axes principaux d'inertie autour de la fibre neutre.

  Modélisations supportées : `POUT_D_T`, `POU_D_E`, `POU_C_T`

- **`BARRE`**

  Permet de définir et d'affecter les caractéristiques de la section transversale.

  Modélisation supportée : `BARRE`

- **`DEFI_ARC`**

  Permet de définir et d'affecter à des poutres courbes des caractéristiques liées à la courbure de l'élément (rayon de courbure et orientation du plan de l'arc).

  Modélisations supportées : `POU_C_T`

- **`ORIENTATION`**

  Permet de définir et d'affecter les axes principaux des sections transversales des éléments de type poutre.

  Modélisations supportées : `POUT_D_T`, `POU_D_E`, `POU_C_T`

Remarque sur la discrétisation :

En ce qui concerne le maillage des poutres en mailles `SEG2` , il est inutile de raffiner excessivement ces éléments dont la formulation intégrée permet d'obtenir des solutions exactes aux nœuds en statique linéaire [R3.08.01]. En analyse modale et en dynamique, on veillera à mailler suffisamment pour représenter les modes attendus, mais sans excès : il faut que les éléments restent d'une longueur suffisante, en fonction des dimensions de la section, pour que l'hypothèse de poutre soit valide.

Par exemple, pour une poutre de longueur 1, et une section circulaire de rayon externe 0.05 et d'épaisseur 0.01, 10 éléments suffisent à appréhender correctement les 10 premiers modes. Mais si on raffine énormément, par exemple avec 1000 éléments, alors chaque élément de poutre est très court : longueur 0.001 pour un rayon externe de 0.05. Les matrices élémentaires sont très mal conditionnées, en particulier pour l'élément `POU_D_E` (pour `POU_D_T` les termes de cisaillement transverse améliorent un peu le conditionnement). A la résolution, on perd alors 8 décimales pour les `POU_D_E` .

3 Chargements supportés

Les chargements disponibles sont les suivantes :

- **'CONTACT'**

  Permet de définir les zones soumises à des conditions de contact.

  Modélisations supportées : POU_D_T, POU_D_E

- **'EPSI_INIT'**

  Permet d'appliquer un chargement de déformation initiale.

  Modélisations supportées : POU_D_T, POU_D_E

- **'FORCE_ELEC'**

  Permet d'appliquer la force de LAPLACE agissant sur un conducteur principal, due à la présence d'un conducteur secondaire droit.

  Modélisations supportées : POU_D_T, POU_D_E

- **'FORCE_POUTRE'**

  Permet d'appliquer des forces linéiques

  Modélisations supportées : POU_D_T, POU_D_E, POU_C_T, BARRE

- **'INTE_ELEC'**

  Permet d'appliquer la force de LAPLACE agissant sur un conducteur principal, due à la présence d'un conducteur secondaire non nécessairement droit par rapport à ce conducteur principal.

  Modélisations supportées : POU_D_T, POU_D_E

- **'PESANTEUR'**

  Permet d'appliquer un chargement de type pesanteur.

  Modélisations supportées : POU_D_T, POU_D_E, POU_C_T, BARRE

- **'TEMP_CALCULEE'**

  Permet d'appliquer un chargement thermique.

  Modélisations supportées : POU_D_T, POU_D_E, POU_C_T, BARRE

Remarque :

Contact possible entre poutre et surface [R5.03.50].

4 Possibilités non-linéaires

4.1 Loi de comportements

Les lois de comportements spécifiques à ces modélisations, utilisables sous COMP_INCR dans STAT_NON_LINE, DYNA_NON_LINE et DYNA_TRAN_EXPLI sont les suivantes (Cf. [U4.51.11]) :

/ 'ASSE_COMBU'

Modélisations supportées : POU_D_T, POU_D_E

/ 'VMIS_POU_LINE'

Modélisations supportées : POU_D_T, POU_D_E, POU_C_T

/ 'VMIS_POU_FLEJOU'

Modélisations supportées : POU_D_T, POU_D_E, POU_C_T

/ 'PINTO_MENEGOTTO'

Modélisation supportée : BARRE

/ 'VMIS_ASYM_LINE'

Modélisation supportée : BARRE

Remarque :

Il est possible pour ces modélisations utilisant un état de contraintes monodimensionnel d'utiliser les comportements 3D, pour cela il faut utiliser le mot clé ALGO_1D (METHODE= 'DEBORST').

4.2 Déformations

Seul les déformations linéarisées mot-clé 'PETIT' sous DEFORMATION sont disponibles dans les relations de comportement (Cf. [U4.51.11]):

5 Exemples de mise en œuvre : cas-tests

- **POU_D_T**
  - Statique linéaire
    DEMO004A : Analyse d'un treillis 3D sans renfort, sous poids propre et soumis à une force ponctuelle.
    FORMA01A : Analyse d'une tuyauterie comportant un coude soumis à une force ponctuelle.
  - Statique non-linéaire
    SSNL106B [V6.02.106] : Analyse élasto-plastique d'une poutre droite en traction et en flexion.
  - Dynamique linéaire

SDLL01A [V2.02.01] : Recherche des fréquences propres d'une poutre courte sur appuis simples.

- Dynamique non-linéaire
  SDNL103A [V5.02.103] : Calcul de la réponse d'un poteau soumis à un chargement sismique quelconque.

- **POU_D_E**
  - Statique linéaire
    SSLL102A [V3.01.102] : Analyse d'une poutre encastrée soumise à des efforts unitaires.
  - Statique non-linéaire
    SSNL106C [V6.02.106] : Analyse élasto-plastique d'une poutre droite en traction et en flexion.
  - Dynamique linéaire
    FORMA12A : Analyse modale d'une poutre (modes multiples).
  - Dynamique non-linéaire
    SDNL105A [V5.02.105] : Choc de 3 poutres entre-elles - calcul de la réponse transitoire par sous structuration dans le cas de prise en compte de non linéarité de type choc entre structures mobiles.

- **POU_C_T**
  - Statique linéaire
    FORMA01A [V5.02.105] : Analyse d'une tuyauterie comportant un coude soumis à une force ponctuelle.
  - Dynamique linéaire
    SDLL11E : Calcul des fréquences propres d'un anneau circulaire mince.
  - Dynamique non-linéaire
    SDNX300A : Calcul de la réponse temporelle linéaire d'une tuyauterie.

- **BARRE**
  - Statique linéaire
    SSLS110A [V3.01.110] : Analyse d'un système de 3 barres en U sous poids propre.
  - Statique non-linéaire
    SSLS111B [V6.02.111] : Analyse de trois barres élasto-plastiques Von Mises parfait.